

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE



In re Application of:

Shigeaki IMAI et al.

Serial No.: 08/748,935

Filed: November 13, 1996

For: METHOD FOR GENERATING THREE-
DIMENSIONAL FORM DATA AND
APPARATUS THEREFOR

)
)
)
) Group Art Unit: 2615

) Examiner: Not Yet Assigned
)
)

SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR
FOREIGN APPLICATION IN ACCORDANCE WITH
THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55

Honorable Assistant Commissioner
for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

RECEIVED
JAN 31 97
GROUP 2600

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55,
Applicants submit herewith a certified copy of the following
foreign application:

Japanese Patent Application No. 7-295110
Filed: November 14, 1995

It is respectfully requested that Applicants be given
benefit of the foreign filing date, as evidenced by the certified
papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35
U.S.C. § 119.

The Commissioner is hereby authorized to charge any
additional fees associated with this communication or credit any

Handwritten notes:
#2 Prints
papers
of sheets
June 6, 1997

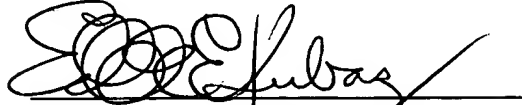
overpayment to Deposit Account No. 13-0203. A duplicate copy of this communication is enclosed for accounting purposes.

Respectfully submitted,

McDERMOTT, WILL & EMERY

Date: January 30, 1997

By:



Edward E. Kubasiewicz
Registration No. 30,020

1850 K Street, N.W., Suite 450
Washington, D.C. 20006-2296
Telephone: 202-778-8300
Facsimile: 202-778-8335
\\44085\\032\\PRIORITY.FIL

S. IMAI et al
S.N. 08/748,935

FOR: METHOD FOR

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1995年11月14日

出 願 番 号

Application Number:

平成 7年特許願第295110号

出 願 人

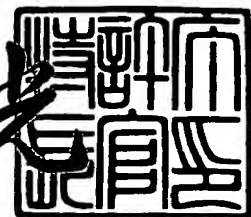
Applicant (s):

ミノルタ株式会社

1996年11月 1日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

荒井寿光



出証番号 出証特平08-3077359

【書類名】 特許願

【整理番号】 TL01547

【提出日】 平成 7年11月14日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01B 11/00

【発明の名称】 3次元形状データの生成方法及び処理装置

【請求項の数】 6

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

【氏名】 今井 重晃

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

【氏名】 藤井 英郎

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

【氏名】 藤原 浩次

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

【氏名】 坂川 佳子

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府吹田市豊津町41番7号 株式会社アイ・コム内

【氏名】 中川 佳子

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市東淀川区下新庄5-26-10-305
株式会社七音社内

【氏名】 松浦 季里

【特許出願人】

【識別番号】 000006079

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル

【氏名又は名称】 ミノルタ株式会社

【代表者】 金谷 宰

【代理人】

【識別番号】 100086933

【弁理士】

【氏名又は名称】 久保 幸雄

【電話番号】 06-304-1590

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010995

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003138

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 3次元形状データの生成方法及び処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】

3次元の形状モデルに対して、複数の縦線と複数の横線とによって仮想的に形成される閉曲面を前記形状モデルを内包するように配置し、

前記縦線及び前記横線を前記形状モデルの表面に投影することによって、前記形状モデルの表面に沿った曲線群を生成し、

前記曲線群を移動させることで、前記曲線群を修正し、

修正された曲線群を表すデータを、前記形状モデルの3次元形状データとする

ことを特徴とする3次元形状データの生成方法。

【請求項2】

前記曲線群がパラメトリック曲線群である請求項1記載の3次元形状データの生成方法。

【請求項3】

前記曲線群がスプライン曲線群である請求項1記載の3次元形状データの生成方法。

【請求項4】

前記曲線群の修正は、パラメトリック曲線群の制御点を移動させることで、前記制御点の移動に対応する前記パラメトリック曲線群の部分が前記形状モデルの表面に沿って移動するように前記パラメトリック曲線群を修正する、

請求項2記載の3次元形状データの生成方法。

【請求項5】

3次元の形状モデルに対して、複数の縦線と複数の横線とによって仮想的に形成される閉曲面を前記形状モデルを内包するように配置し、

前記縦線及び前記横線を前記形状モデルの表面に投影することによって、前記形状モデルの表面に沿った曲線群を生成し、

前記曲線群に対して縦線又は横線を追加したときに、追加した縦線又は横線を

前記形状モデルの表面に沿って形成するとともに、追加した縦線又は横線を含むように前記曲線群を修正し、

修正された曲線群を表すデータを、前記形状モデルの3次元形状データとする

ことを特徴とする3次元形状データの生成方法。

【請求項6】

3次元の形状モデルに対して、複数の縦線と複数の横線とによって仮想的に形成される閉曲面を前記形状モデルを内包するように配置する手段と、

前記縦線及び前記横線を前記形状モデルの表面に投影することによって、前記形状モデルの表面に沿った曲線群のデータを生成する手段と、

前記曲線群の移動を指示する手段と、

前記曲線群の移動に応じて、前記曲線群のデータを修正する手段と、

を備えていることを特徴とする3次元形状データの処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、3次元形状モデルからデータ量のより少ない3次元形状データを生成する方法及びそのための処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

人体を含む各種の物体の形状を非接触で且つ高速に測定する立体計測方法として、スリット光投影法（一般に光切断法と称されている）に代表される能動的ステレオ法が用いられている。これは、特定の検出光を照射して物体を撮影し、三角測量の原理を適用して3次元画像（距離画像ともいう）を得るものである。3次元画像は、物体の各点の3次元位置を示す画素の集合である。スリット光投影法は、検出光として断面が直線状のスリット光を用いるものである。

【0003】

物体を複数の位置から撮影し、得られた複数の3次元画像を適切に合成することにより、物体の全体の3次元形状モデルを生成することができる。物体の全体

又は一部の3次元形状モデルは、CG（コンピュータグラフィックス）、CADなどに利用される。

【0004】

上述の能動的ステレオ法によると、3次元形状データとして、数万点乃至数十万点程度の多量のデータが得られる。このようにデータ量が多量であると、コンピュータ上での3次元形状データのハンドリングに大きな負担をかけ、描画や演算に多くの時間がかかって処理速度が低下する。

【0005】

そこで、従来において、3次元形状モデルのデータ量を削減するために種々の手法が用いられている。

例えば、隣接したポリゴンの平均のポリゴンからの距離が短い頂点から順に、指定された間引き率に達するまで、頂点を消去していく方法が提案されている（Decimation of Triangle Meshes, Computer Graphics, 26, 2, July 1992）。このような方法によって、平面に近い形状の部分のポリゴンがより大きくなり、結果として形状が単純な部分の点の密度が小さく且つ複雑な形状の部分の点の密度が大きくなるように、3次元形状データが間引かれる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、CGなどの利用者は、対象とする物体の稜線などの特徴的なライン上の点を残したいと考えることが多い。実際に、CGなどでは、データの加工やアニメーションのために、物体の形状を再現するための特徴的なラインに沿った点が必要となる。しかし、上述した従来の方法では、必ずしも利用者の意図した結果とならないのが実情である。

【0007】

この問題の解決を図るために、例えば点接触型の3次元計測器を用い、利用者が自分の意図したラインに沿って1点ずつ入力してゆく方法が考えられる。しかしこの方法では、入力する点の数が数百乃至数千点又はそれ以上に上るため、多大の労力と時間が必要となる。

【0008】

本発明は、上述の問題に鑑みてなされたもので、対象となる3次元形状モデルから利用者の意図する特徴的なラインを保持した状態でデータ量の少ない3次元形状データを生成する生成方法及びそのための処理装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

請求項1の発明に係る方法は、3次元の形状モデルに対して、複数の縦線と複数の横線とによって仮想的に形成される閉曲面を前記形状モデルを内包するように配置し、前記縦線及び前記横線を前記形状モデルの表面に投影することによって、前記形状モデルの表面に沿った曲線群を生成し、前記曲線群を移動させることで、前記曲線群を修正し、修正された曲線群を表すデータを、前記形状モデルの3次元形状データとする。

【0010】

請求項2の発明に係る方法は、前記曲線群としてパラメトリック曲線群を用いる。

請求項3の発明に係る方法は、前記曲線群としてスプライン曲線群を用いる。

【0011】

請求項4の発明に係る方法では、前記曲線群の修正は、パラメトリック曲線群の制御点を移動させることで、前記制御点の移動に対応する前記パラメトリック曲線群の部分が前記形状モデルの表面に沿って移動するように前記パラメトリック曲線群を修正する。

【0012】

請求項5の発明に係る方法は、3次元の形状モデルに対して、複数の縦線と複数の横線とによって仮想的に形成される閉曲面を前記形状モデルを内包するように配置し、前記縦線及び前記横線を前記形状モデルの表面に投影することによって、前記形状モデルの表面に沿った曲線群を生成し、前記曲線群に対して縦線又は横線を追加したときに、追加した縦線又は横線を前記形状モデルの表面に沿って形成するとともに、追加した縦線又は横線を含むように前記曲線群を修正し、修正された曲線群を表すデータを、前記形状モデルの3次元形状データとする。

【0013】

請求項6の発明に係る装置は、3次元の形状モデルに対して、複数の縦線と複数の横線とによって仮想的に形成される閉曲面を前記形状モデルを内包するように配置する手段と、前記縦線及び前記横線を前記形状モデルの表面に投影することによって、前記形状モデルの表面に沿った曲線群のデータを生成する手段と、前記曲線群の移動を指示する手段と、前記曲線群の移動に応じて、前記曲線群のデータを修正する手段と、を備えて構成される。

【0014】

パラメトリック曲線群として、2次、3次、又はそれより高次のベジェ曲線、スプライン曲線（B-スプライン曲線）、その他の曲線が用いられる。閉曲面として、円筒状、円錐状、円錐台状、球状、その他の形状の曲面が用いられる。球状の曲面を用いるときは、縦線及び横線を例えばその中心点に向かって投影する。パラメトリック曲線群は、形状モデルの特徴点を通過するように、しかもできるだけ過密にならないように設けられる。

【0015】

パラメトリック曲線群の修正に当たっては、制御点の移動、縦線又は横線の追加の他、縦線又は横線の削除なども行われる。縦線又は横線の移動は制御点の移動に含まれる。

【0016】

生成した3次元形状データは、例えば、縦線又は横線の別を示すデータ、何番目のパラメトリック曲線の何番目のセグメントであるかを示すデータ、それぞれのセグメントにおける端点についての座標及び連続性のデータ、制御点についての座標のデータから構成される。

【0017】

【発明の実施の形態】

図1は本発明に係る3次元形状データ処理装置1の構成を示すブロック図である。

【0018】

3次元形状データ処理装置1は、データ処理を担う処理装置10、画面HGを

有したディスプレイ20、メモリ（補助記憶装置）30、及び入力デバイス40から構成されている。入力デバイス40には、キーボードとマウスなどのポインティングデバイスが含まれる。処理装置10はデータ処理のためのプログラムやデータを格納したROM及びRAMを備えており、プログラムの実行によって種々の機能が実現される。

【0019】

すなわち、処理装置10には、閉曲面配置部11、曲線データ生成部12、移動指示部13、修正部14などの機能が実現されている。

閉曲面配置部11は、3次元形状モデルTM1, 2に対して、複数の経線BCMと複数の緯線BCPとによって仮想的に形成される閉曲面CCS1, 2を、閉曲面CCS1, 2の中心となる軸AX1の少なくとも一部が3次元形状モデルTM1, 2の内部に存在するような位置において、3次元形状モデルTM1, 2を内包するように配置する。

【0020】

曲線データ生成部12は、経線BCM及び緯線BCPを、軸AX1に向かって前記形状モデルの表面に投影することによって、3次元形状モデルTM1, 2の表面に沿ったパラメトリック曲線群のデータを生成する。

【0021】

移動指示部13は、パラメトリック曲線群の制御点の移動、経線又は緯線の移動、追加、削除を指示する。

修正部14は、パラメトリック曲線群の制御点を移動させたときに、制御点の移動に対応するパラメトリック曲線群の部分が3次元形状モデルTM1, 2の表面に沿って移動するようにパラメトリック曲線群のデータを修正する。

【0022】

これら各部の機能は、以下に説明する式にしたがって処理を行うようにプログラムすることによって実現される。このような3次元形状データ処理装置1は、例えば所謂ワークステーション又はパーソナルコンピュータを用いて実現される。

【0023】

3次元形状データ処理装置1には、スリット光投影法によって立体計測を行う3次元カメラで撮影して得られた3次元形状データTD1、又は他のコンピュータによって生成された3次元形状データTD1が入力される。3次元形状データTD1は、物体の表面積に対して点の密度の高いデータであり、データ量が多なり多い。画面HGは、世界座標系の座標軸 W_x 、 W_y を含む平面に対して平行に配置され、3次元形状モデルTM1及び後述する閉曲面CCS1は、この世界座標系において、画面HGに投影が可能な位置に配置される。なお、3次元形状データTD1は、サーフェイスモデル、ソリッドモデル、又はワイヤフレームモデルのいずれであってもよい。3次元形状モデルTM1を3次元形状データ処理装置1の内部で生成するようにしてもよい。

【0024】

3次元形状データ処理装置1は、入力された3次元形状データTD1により定義される3次元形状モデルTM1について、3次元形状データTD1よりもデータ量の少ない3次元形状データTD3を生成して出力する。なお、入力された3次元形状データTDの出力も可能である。出力される3次元形状データTD3は、フロッピーディスクなどの媒体を介し、又は通信回線などを経由して他のコンピュータに供給される。以下に、3次元形状データ処理装置1の処理動作及び操作について詳しく説明する。

【0025】

図2は3次元形状データ処理装置1の全体的な処理動作及び操作を示すフローチャートである。

図2に示すように、ベジエ曲線のフィッティングを行った後(#1)、制御点の移動(#2)、ライン単位での移動(#3)、ラインの追加(#4)、又はラインの削除(#5)を必要に応じて行う。3次元形状モデルTM1に対応する点を確定した後(#6でイエス)、サーフェイスの生成を行う(#7)。なお、ラインとは、経線BCM又は緯線BCPのことである。

【0026】

次に、これらの各処理について詳しく説明する。なお、ここではスプライン曲線として3次のベジエ曲線を用いた例を説明するが、より高次のベジエ曲線、又

はベジェ曲線以外のスプライン曲線、又はスプライン曲線以外のパラメトリック曲線を用いてもよい。ベジェ曲線はスプライン曲線の一種であるので、ベジェ曲線をスプライン曲線と記載することがある。

【0027】

図3は図2のステップ#1のフィッティング処理を示すフローチャート、図4は図2のステップ#2の制御点の移動処理を示すフローチャート、図5は図2のステップ#3のライン単位での移動処理を示すフローチャート、図6は図2のステップ#4のラインの追加処理を示すフローチャート、図7は図2のステップ#5のラインの削除処理を示すフローチャートである。

【0028】

図3において、フィッティング処理では、まず、入力された3次元形状データTD1による3次元形状モデルTM1に対して、環状のm本の緯線（横線）BCP1～mと、直線状のn本の経線（縦線）BCM1～nとからなるベジェ曲線群BCG1を生成する（#11）。

【0029】

図8はベジェ曲線群BCG1の生成から修正までの処理過程を模式的に説明する図、図9は生成されたベジェ曲線群BCG1を説明する図、図10は緯線BCPの一部を拡大して示す図である。

【0030】

図8（A）及び図9に示されるように、各緯線BCP1～mは、軸AX1に垂直で互いに等間隔に並んだ複数の平面上にそれぞれ存在し、軸AX1を中心として3次元形状モデルTM1を内包する円周又は多角形を構成するn個のベジェセグメントBSGからなる。各経線BCM1～nは、軸AX1に平行であって、各緯線BCP1～mとそれぞれ交差し、それぞれ線分である（m-1）個のベジェセグメントBSGからなる。各ベジェセグメントBSGは、2つの端点を含む4つの制御点を有する3次のベジェ曲線である。これらm×n個のベジェ曲線からなるベジェ曲線群BCG1によって、円筒状の閉曲面CCS1が仮想的に形成される。

【0031】

ベジェ曲線である緯線BCP及び経線BCMについてさらに詳しく説明する。

i 本目の緯線BCPのj番目のベジェセグメントBSGを構成する制御点を、
【0032】

【数1】

$$B_{i,j}^0, B_{i,j}^1, B_{i,j}^2, B_{i,j}^3$$

【0033】

とすると、

【0034】

【数2】

$$B_{i,j}^0 = B_{i,j-1}^3$$

【0035】

である。このベジェセグメントBSG上の任意の点は、次の(1)式で表される。

【0036】

【数3】

$$P_{ij}(t) = J_{3,0}(t)B_{i,j}^0 + J_{3,1}(t)B_{i,j}^1 + J_{3,2}(t)B_{i,j}^2 + J_{3,4}(t)B_{i,j}^3$$

$$(0 \leq t \leq 1) \quad \dots (1)$$

【0037】

i 本目の経線BCMのj番目のベジェセグメントBSGを構成する制御点を

【0038】

【数4】

$$Q_{i,j}^0, Q_{i,j}^1, Q_{i,j}^2, Q_{i,j}^3$$

【0039】

とすると、

【0040】

【数5】

$$Q_i^0, j = Q_i^3, j-1$$

【0041】

であり、また、

【0042】

【数6】

$$B_i^0, j = Q_j^0, i$$

【0043】

である。

次に、軸AX1の調整を行う（#12）。

軸AX1の調整においては、3次元形状モデルTM1又はベジェ曲線群BCG1を移動させ、ベジェ曲線群BCG1により形成される閉曲面CCS1が3次元形状モデルTM1を内包し、且つ軸AX1が3次元形状モデルTM1の内部を、それもできるだけ中心を貫通するように配置する。軸AX1を移動させるには、軸AX1の端点をポインティングデバイスでドラッグする。これによって、端点は、画面HGの視線方向に垂直な平面上をポインティングデバイスの移動量に応じた量だけ移動する。なお、軸AX1は世界座標系の座標軸に対して傾斜していてもよい。

【0044】

次に、補助点の生成を行う（#13）。

上述の（1）式において、 $t = t_0, t_1, \dots, t_k$ （ $0 \leq t \leq 1$ ）とした点を、3次元形状モデルTM1のサーフェイス上へのフィッティングのための補助点として設定する。図10においては、各ベジェセグメントBSGに対して4個の補助点 $t_0 \sim t_4$ が設定されている。

【0045】

次に、補助点及び端点を3次元形状モデルTM1上に投影する（#14）。こ

のとき、各補助点及び端点から軸AX1に下ろした垂線と3次元形状モデルTM1のサーフェイス（ポリゴン）との交点が、投影された新しい補助点及び端点として求められる。

【0046】

ある点P (a, b, c) を3次元形状モデルTM1上に投影する方向ベクトルをv (d, e, f) とすると、

$$(x-a)/d = (y-b)/e = (z-c)/f$$

である。3次元形状モデルTM1上の1つの三角ポリゴンの方程式を、

$$lx + my + nz = 0$$

とすると、交点Q (x, y, z) は、

$$x = dt + a$$

$$y = et + b$$

$$z = ft + c$$

である。ただし、

$$t = -(lp + mq + rn) / (al + bm + cn + d) \quad \dots (2)$$

点Qが注目している三角ポリゴンの内部にあるかどうかを次のようにして検証する。三角ポリゴンの頂点をABCとすると、次の式、

$$\Delta ABC = \Delta QAB + \Delta QBC + \Delta QCA$$

が成り立つときに点Qは三角ポリゴン上にあり、次の式、

$$\Delta ABC < \Delta QAB + \Delta QBC + \Delta QCA$$

が成り立つときは三角ポリゴンの外にあることになる。そして、次の(3)式、

【0047】

【数7】

$$\begin{aligned} \Delta ABC &= |\vec{AB} \times \vec{AC}| \\ \Delta QAB + \Delta QBC + \Delta QCA &= |\vec{QA} \times \vec{QB}| + |\vec{QB} \times \vec{QC}| + |\vec{QA} \times \vec{QC}| \\ &\dots (3) \end{aligned}$$

【0048】

を用いて、点Qが注目している三角ポリゴンの内部にあるかどうかを検証する。点Qが三角ポリゴンの内部になれば、次の三角ポリゴンに注目し、以上の手順

を繰り返す。

【0049】

次に、3次元形状モデルTM1上の補助点 $p_{ij}(t_0)$ 、 \dots 、 $p_{ij}(t_k)$ から、3次元形状モデルTM1上に沿ったベジエ曲線である緯線BCP1及び経線BCMを求める(#15)。3次元形状モデルTM1上のベジエ曲線を $R_{ij}(t)$ とする。

【0050】

【数8】

$$[D] = [C][B] \quad \dots (4)$$

【0051】

但し、

【0052】

【数9】

$$[C] = \begin{bmatrix} J_{3,0}(t_1) & J_{3,1}(t_1) & J_{3,2}(t_1) & J_{3,3}(t_1) \\ \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ J_{3,0}(t_k) & J_{3,1}(t_k) & J_{3,2}(t_k) & J_{3,3}(t_k) \end{bmatrix} \quad \dots (5)$$

$$[D] = [p_{i,j}(t_0), p_{i,j}(t_1) \dots p_{i,j}(t_k)]^T \quad \dots (6)$$

$$[C] = \begin{bmatrix} J_{3,0}(t_1) & J_{3,1}(t_1) & J_{3,2}(t_1) & J_{3,3}(t_1) \\ \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ J_{3,0}(t_k) & J_{3,1}(t_k) & J_{3,2}(t_k) & J_{3,3}(t_k) \end{bmatrix} \quad \dots (7)$$

【0053】

ここで、 j はベジエ曲線の基底関数であり、次の(8)(9)式で与えられる。

【0054】

【数 1 0】

$$J_{n,i}(t) = \binom{n}{i} t^i (1-t)^{n-i} \quad \cdots (8)$$

$$\binom{n}{i} = \frac{n!}{i!(n-i)!} \quad \cdots (9)$$

【0 0 5 5】

このとき、[B] は次の (1 0) 式で求められる。

【0 0 5 6】

【数 1 1】

$$[B] = [[C]^T [C]]^{-1} [C]^T [D] \quad \cdots (10)$$

【0 0 5 7】

よって、次の (1 1) 式が成り立つ。

【0 0 5 8】

【数 1 2】

$$P_{ij}(t) = J_{3,0}(t)B_0 + J_{3,1}(t)B_1 + J_{3,2}(t)B_2 + J_{3,4}(t)B_4 \\ (0 \leq t \leq 1) \quad \cdots (11)$$

【0 0 5 9】

q i についても同様に行うことによって、対象となる 3 次元形状モデル TM 1 上に網を被せたようにベジエ曲線をフィットすることができる。

隣り合ったベジエ曲線 $P_{i,j}$ と $P_{i,j+1}$ との接続部分での C 1 連続性が必要な場合には、上述の式に、

【0 0 6 0】

【数 1 3】

$$B_{ij}^3 - B_{ij}^2 = B_{i,j+1}^1 - B_{i,j+1}^0$$

【0 0 6 1】

の拘束条件を加えればよい。

【0062】

【数14】

$$B_{ij}^3 = B_{ij+1}^3$$

【0063】

であるから、

【0064】

【数15】

$$B_{ij+1}^1 = 2B_{ij}^3 - B_{ij}^2 \quad \dots (12)$$

【0065】

が拘束条件となる。

(2m-1) × n個のすべてのベジエセグメントBSGについて、上述の演算を施すことによって、図8(B)に示すように、3次元形状モデルTM1の表面にフィットしたベジエ曲線群BCG2を得ることができる。

【0066】

この状態では、3次元形状モデルTM1は、ベジエ曲線群BCG2によって表現されることとなり、ベジエ曲線群BCG2を示すデータがその3次元形状データTD2として利用できる。この3次元形状データTD2は、経線BCM又は緯線BCPの別を示すデータ、何番目のベジエ曲線の何番目のベジエセグメントBSGであるかを示すデータ、それぞれのベジエセグメントBSGにおける端点についての座標及び連続性のデータ、制御点についての座標のデータからなる。この3次元形状データTD2のデータ量は、緯線BCP及び経線BCMの本数、次数によるが、通常、3次元形状データTD1よりも大幅に少ない。

【0067】

しかし、上述のフィッティング処理によって得られた3次元形状データTD2では、3次元形状モデルTM1の特徴を十分に捕らえてないことがしばしばである。そこで、3次元形状モデルTM1の特徴を十分に捕らえるようにベジエ曲線群BCG2を修正する。ベジエ曲線群BCG2の修正によって、3次元形状モデ

ルTM1の形状をできるだけ少ない本数のベジェ曲線で良く表せるようにする。修正方法には、制御点の移動、ライン単位での移動、ラインの追加、ラインの削除がある。これらの修正のための処理は、それぞれのモードを指定した後に行われる。以下、順に説明する。

【0068】

まず、制御点の移動処理について説明する。

制御点の移動処理においては、画面HG上で選択した1つの制御点をカーソルによって指示し、カーソルを所望の位置に移動させる。これによって、ベジェ曲線群BCG2のうちの指定された制御点に関係する部分が、3次元形状モデルTM1の表面に沿って移動する。以下、詳細に説明する。

【0069】

最初に、制御点を指定して移動する(#21)。制御点の移動は、制御点をマウスなどのポインティングデバイスでドラッグすることで行われる。

制御点の画面HG上での移動量を、世界座標系での移動量 d (Δx , Δy , Δz)に変換する。そして、指定した制御点と、その両側に存在する制御点との合計3個の制御点を同じ方向に同じ移動量 d だけ移動させる。

【0070】

すなわち、図12に示すように、指定された制御点が、

【0071】

【数16】

$$B_{ij}^0$$

【0072】

である場合には、次に示す3個の制御点、

【0073】

【数17】

$$B_{ij}^0 \quad B_{ij}^1 \quad B_{ij-1}^2$$

【0074】

を平行移動させるのである。

次に、制御点の移動によって変化した部分について、移動後の補助点AUCを次の(13)式によって再計算する(#22)。

【0075】

【数18】

$$P_{ij}(t_k) = J_{3,0}(t)B_{ij}^0 + J_{3,1}(t_k)B_{ij}^1 + J_{3,2}(t_k)B_{ij}^2 + J_{3,3}(t_k)B_{ij}^3$$

$$(k = 0, 1, \dots, K)$$

... (13)

【0076】

そして、図13及び図14に示すように、再計算によって得られた補助点AUCを、3次元形状モデルTM1上に投影する(#23)。このときの投影方向は、画面HGと垂直な方向とする。つまり、画面HGの視線方向をステップ#14における方向ベクトル v とする。例えば、正面図の場合は $v = (0, 0, -1)$ 、右側面図の場合は $v = (-1, 0, 0)$ とする。

【0077】

このように垂直方向に投影することによって、投影の前後において利用者から見た制御点の位置が同一となるので、移動後の位置を画面HG上で直接に指示することができる。しかし、フィッティング処理時のように軸AX1の方向に投影することも可能である。その場合には、3次元形状モデルTM1の表面の凹凸状態に応じて、投影の前後において制御点の位置が変化し、指示した位置からずれてしまうことがある。利用者は移動後の位置を再調整する必要の生じる可能性がある。

【0078】

次に、(4)～(11)式を用いて、3次元形状モデルTM1上に投影された補助点AUDを通るベジェ曲線を再計算する(#24)。

他の制御点を移動させる場合についても、上述と同様な処理を行う。

【0079】

このように、制御点を移動させると、それにともなって結果的にベジェ曲線が3次元形状モデルTM1上を移動する。したがって、制御点の移動を繰り返すこ

とによって、データ量を増やすことなく、3次元形状モデルTM1の特徴を十分に捕らえるようにベジェ曲線群BCG2を修正することができる。

【0080】

次に、ライン単位の移動処理について説明する。

ライン単位の移動処理においては、画面HG上で選択したベジェ曲線上の制御点以外の点をカーソルによって指示し、カーソルを所望の位置に移動させる。これによって、図15に示すように、ベジェ曲線群BCG2のうちの指定されたベジェ曲線が、3次元形状モデルTM1の表面に沿って移動する。以下、詳細に説明する。

【0081】

ライン単位の移動は、緯線BCP又は経線BCMのうちの1点をポインティングデバイスでドラッグすることによって行われる。図5において、まず、ドラッグ後にポインティングデバイスの指している点Raを、3次元形状モデルTM1上に投影し、移動後の3次元形状モデルTM1上の点Rを求める(#31)。

【0082】

i番目の経線BCMの移動のためにその経線BCMのj番目のベジェセグメントBSGが指示されたとすると、次の(14)式により構成されるベジェ曲線が上述の点Rを通るようにtpを求める(#32)。

【0083】

【数 19】

$$Q_{i,j}^{0'} = J_{3,0}(t_p) B_{j,i}^0 + J_{3,1}(t_p) B_{j,i}^1 + J_{3,2}(t_p) B_{j,i}^2 + J_{3,3}(t_p) B_{j,i+1}^0$$

$$Q_{i,j+1}^{0'} = J_{3,0}(t_p) B_{j+1,i}^0 + J_{3,1}(t_p) B_{j+1,i}^1 + J_{3,2}(t_p) B_{j+1,i}^2 + J_{3,3}(t_p) B_{j+1,i+1}^0$$

$$Q_{i,j}^{1'} = (1 - t_p) (Q_{i,j}^1 - Q_{i,j}^0) + t_p (Q_{i+1,j}^1 - Q_{i+1,j}^0) + Q_{i,j}^{0'}$$

$$Q_{i,j}^{2'} = (1 - t_p) (Q_{i,j}^2 - Q_{i,j+1}^0) + t_p (Q_{i+1,j}^2 - Q_{i+1,j+1}^0) + Q_{i,j+1}^{0'}$$

... (14)

【0084】

求めた t_p を用いて、 i 番目の経線 BCM の総てのベジエセグメント BSG について補助点を計算する (#33)。

【0085】

【数 20】

$$q_{ij}(t_k) = J_{3,0}(t_k) Q_{i,j}^{0'} + J_{3,1}(t_k) Q_{i,j}^{1'} + J_{3,2}(t_k) Q_{i,j}^{2'} + J_{3,3}(t_k) Q_{i,j+1}^{0'}$$

($k = 0, 1, \dots, K$)

... (15)

【0086】

$j = 0, 1, \dots, M$ について上の式を計算する。

【0087】

【数 21】

$$P_{j,i}(t_k) = J_{3,0}(L) B_{j,i}^0 + J_{3,1}(L) B_{j,i}^1 + J_{3,2}(L) B_{j,i}^2 + J_{3,3}(L) B_{j,i+1}^0$$

... (16)

【0088】

但し、

【0089】

【数22】

$$L = t_p + \frac{k(1-t_p)}{K}$$

【0090】

また、移動のために緯線BCPが指示された場合には、

【0091】

【数23】

$$P_{j,i-1}(t_k) = J_{3,0}(U) B_{j,i-1}^0 + J_{3,1}(U) B_{j,i-1}^1 + J_{3,2}(U) B_{j,i-1}^2 + J_{3,3}(U) B_{j,i-1}^0$$

$$(0 \leq U \leq 1)$$

$$P_{j,i-1}(t_k) = J_{3,0}(U-1) B_{j,i}^0 + J_{3,1}(U-1) B_{j,i}^1 + J_{3,2}(U-1) B_{j,i}^2 + J_{3,3}(U-1) B_{j,i+1}^0$$

$$(U > 1)$$

... (17)

【0092】

但し、

【0093】

【数24】

$$U = \frac{k(1+t_p)}{K} \quad (k = 0, 1, \dots, K)$$

【0094】

$j = 0, 1, \dots, M$ について上の式を計算する。

そして、補助点を3次元形状モデルTM1上に投影し（#34）、ベジェ曲線を再計算する（#35）。

【0095】

次に、ラインの追加処理について説明する。

ラインの追加処理は、追加したいラインと交差するライン上の点をポインティ

ングデバイスでクリックすることによって行われる。例えば、経線BCMを追加したい場合には緯線BCP上の追加したい位置をクリックし、緯線BCPを追加したい場合には経線BCM上の追加したい位置をクリックする。

【0096】

図6において、まず、クリックされたライン q_{ij} 上の点Rを求める（#41）。そして、

【0097】

【数25】

$$R = J_{3,0}(t_p)Q_{ij}^0 + J_{3,1}(t_p)Q_{ij}^1 + J_{3,2}(t_p)Q_{ij}^2 + J_{3,3}(t_p)Q_{ij+1}^0$$

【0098】

を満たす t_p を求める（#42）。

求めた t_p から制御点を計算する（#43）。

【0099】

【数26】

$$B_{j,i}^0 = J_{3,0}(t_p)Q_{ij}^0 + J_{3,1}(t_p)Q_{ij}^1 + J_{3,2}(t_p)Q_{ij}^2 + J_{3,3}(t_p)Q_{ij+1}^0$$

$$B_{j,i+1}^0 = J_{3,0}(t_p)Q_{i+1,j}^0 + J_{3,1}(t_p)Q_{i+1,j}^1 + J_{3,2}(t_p)Q_{i+1,j}^2 + J_{3,3}(t_p)Q_{i+1,j+1}^0$$

$$B_{j,i}^1 = (1-t_p)(B_{j,i}^1 - B_{j,i}^0) + t_p(B_{j+1,i}^1 - B_{j+1,i}^0) + B_{j,i}^0$$

$$B_{j,i+1}^1 = J_{3,0}(t_p)Q_{i+1,j}^0 + J_{3,1}(t_p)Q_{i+1,j}^1 + J_{3,2}(t_p)Q_{i+1,j}^2 + J_{3,3}(t_p)Q_{i+1,j+1}^0$$

… (18)

【0100】

得られた制御点を用いて補助点を計算する（#44）。

【0101】

【数 2 7】

$$p_{j,i}(t_k) = J_{3,0}(t_k)B_{j,i}^0 + J_{3,1}(t_k)B_{j,i}^1 + J_{3,2}(t_k)B_{j,i}^2 + J_{3,3}(t_k)B_{j,i+1}^0$$

(k = 0, 1, ..., K)

... (19)

【0102】

総ての i について、1つのベジエセグメント BSG 当たり K 個の補助点を計算する。

計算した補助点を 3 次元形状モデル TM1 上に投影する (#45)。投影された補助点から、ステップ #15 と同様にしてベジエ曲線を求める (#46)。

【0103】

挿入されたラインと交わるラインの補助点を計算する (#47)。例えば、緯線 BCP が挿入された場合にはそれと交わる経線 BCM の補助点を計算する。

【0104】

【数 2 8】

$$q_{ij}(L) = J_{3,0}(L)Q_{ij}^0 + J_{3,1}(L)Q_{ij}^1 + J_{3,2}(L)Q_{ij}^2 + J_{3,3}(L)Q_{ij+1}^0$$

$$L = k \frac{t_p}{K} \quad (k = 0, 1, \dots, K-1) \quad \text{---(12-1)}$$

$$q_{ij}(U) = J_{3,0}(U)Q_{ij}^0 + J_{3,1}(U)Q_{ij}^1 + J_{3,2}(U)Q_{ij}^2 + J_{3,3}(U)Q_{ij+1}^0$$

$$U = \frac{k(1-t_p)}{K} + t_p \quad (k = 0, 1, \dots, K-1)$$

... (20)

【0105】

計算した補助点から、ステップ #15 と同様にしてベジエ曲線を計算する (#48)。

次に、ラインの削除処理について説明する。

【0106】

ラインの削除処理は、削除したいライン上の点をポインティングデバイスでクリックすることによって行われる。図 7 において、例えば、i 番目の経線 BCM を削除したい場合には、まず、ポインティングデバイスでその経線 BCM を指定

する (# 5 1)。

【0 1 0 7】

指定されたラインと交差するラインの補助点を計算する (# 5 2)。つまり、削除されるベジエ曲線に接している、 $p_{j,i}$, $p_{j,i-1}$ ($j = 0, 1, \dots, m$) のベジエセグメント B S G の補助点をひとまとめにして計算する。

【0 1 0 8】

【数 2 9】

$$P_{ij}(L) = J_{3,0}(L)B_{ij}^0 + J_{3,1}(L)B_{ij}^1 + J_{3,2}(L)B_{ij}^2 + J_{3,3}(L)B_{ij+1}^0$$

$$(0 \leq L < 1)$$

$$P_{ij}(L) = J_{3,0}(L)B_{ij-1}^0 + J_{3,1}(L)B_{ij-1}^1 + J_{3,2}(L)B_{ij-1}^2 + J_{3,3}(L)B_{ij}^0$$

$$(1 \leq L \leq 2)$$

... (2 1)

【0 1 0 9】

但し、

【0 1 1 0】

【数 3 0】

$$L = \frac{2k}{K} \quad (k = 1, 2, \dots, K-1)$$

【0 1 1 1】

i 番目の経線 B C M を削除する (# 5 3)。ステップ # 5 2 で計算した補助点を 3 次元形状モデル T M 1 上に投影する (# 5 4)。ステップ # 1 5 と同様にしてベジエ曲線を再計算する (# 5 5)。

【0 1 1 2】

このようにして、図 8 (C) に示すように、修正されたベジエ曲線群 B C G 3 が得られる。修正されたベジエ曲線群 B C G 3 を表すデータを、3 次元形状モデル T M 1 の 3 次元形状データ T D 3 として出力する。3 次元形状データ T D 3 として、次で求められるサーフェイスのデータを付加することができる。

【0 1 1 3】

次に、修正されたベジェ曲線群BCG3からサーフェイスを求める処理について説明する。

i 番目と i + 1 番目の経線BCMと、j 番目と j + 1 番目の緯線BCPによって囲まれる部分に面を張るとする。

【0114】

K × P 個に分割したポリゴンを作るとすると、ポリゴンの頂点は次の式によって得られる (K + 1) × (P + 1) 個の点になる。

【0115】

【数31】

$$q_{ij}(t_k, t_p) = J_{3,0}(t_p)Q_{j,i}^0 + J_{3,1}(t_p)Q_{j,i}^1 + J_{3,2}(t_p)Q_{j,i}^2 + J_{3,3}(t_p)Q_{j,i+1}^0 \dots (22)$$

【0116】

但し、

【0117】

【数32】

$$Q_{ij}^0 = J_{3,0}(t_k)B_{j,i}^0 + J_{3,1}(t_k)B_{j,i}^1 + J_{3,2}(t_k)B_{j,i}^2 + J_{3,3}(t_k)B_{j,i+1}^0$$

$$Q_{ij}^1 = (1 - t_k)(Q_{ij}^1 - Q_{ij}^0) + t_k(Q_{i+1,j}^1 - Q_{i+1,j}^0)$$

$$Q_{ij}^2 = (1 - t_k)(Q_{ij}^2 - Q_{ij+1}^0) + t_k(Q_{i+1,j}^2 - Q_{i+1,i+1}^0)$$

$$Q_{i,j+1}^0 = J_{3,0}(t_k)B_{j+1,i}^0 + J_{3,1}(t_k)B_{j+1,i}^1 + J_{3,2}(t_k)B_{j+1,i}^2 + J_{3,3}(t_k)B_{j+1,i+1}^0 \dots (23)$$

【0118】

$q_{ij}(k, p)$ 、 $q_{ij}(k+1, p)$ 、 $q_{ij}(k+1, p+1)$ 、 $q_{ij}(k, p+1)$ [$k=0, 1, \dots, K$ 、 $p=0, 1, \dots, P$] から構成される $K \times P$ 個の四角形ポリゴンが求める面である。

【0119】

総ての i, j について以上の演算を行うことによって、ポリゴンモデルを得ることができる。

次に、他の3次元形状モデルTM2を用いた場合の具体例を説明する。

【0120】

図16は他の3次元形状モデルTM2を内包するようにベジェ曲線群BCG1aからなる閉曲面CCS2を配置した状態を示す図、図17は3次元形状モデルTM2にフィッティング処理を行った後の状態を示す図、図18は図17の一部を拡大して示す図、図19は図18に示すベジェ曲線群BCG2aに対して制御点の移動処理を行った後の状態を示す図である。

【0121】

図16において、3次元形状モデルTM2が世界座標系において若干傾斜して配置されているため、閉曲面CCS2の軸AX2もそれに応じて傾斜するように配置する。図17には、3次元形状モデルTM2にフィッティングされたベジェ曲線群BCG2aが良く示されている。しかし、図18にも示されているように、例えば3次元形状モデルTM2の突出部分TM2aをベジェ曲線群BCG2aが通過しておらず、このままでは突出部分TM2aの形状が失われてしまう。

【0122】

そこで、図19に示すように、制御点を移動させ、ベジェ曲線が突出部分TM2aの近辺を通過するように修正する。突出部分TM2aを通過する経線BCMや緯線BCPを追加してもよい。このようにして、3次元形状モデルTM2の突出部分や稜線を経線BCMや緯線BCPが通過するように、またその密度が高くなるように修正する。

【0123】

上述したように、3次元形状データ処理装置1においては、スプライン曲線を用いて、スプライン曲線を3次元形状モデルTM1, 2の表面に接するように拘

束しながら、利用者が入力デバイス40を操作してスプライン曲線の移動、追加、削除などを行うことによって、3次元形状モデルTM1, 2の特徴的なラインを保持した状態で、利用者が意図する3次元形状データTD3を得ることができる。特徴的なライン上の点のデータがあるので、後の工程で加工がし易い。3次元形状データTD3は、元の3次元形状データTD1と比較して、点の数が大幅に減少してデータ量が大幅に少ない。したがって、3次元形状データTD3に基づいて3次元形状モデルを表示したり、表示した3次元形状モデルを移動し又は回転する場合に、その処理が高速で行われる。また、3次元形状データ処理装置1においては、スプライン曲線群の修正において曲面を扱っていないので高速の演算が行える。

【0124】

ベジェ曲線群BCG1によって円筒状の閉曲面CCS1を形成したが、円錐状、円錐台状、その他の形状の閉曲面を形成するようにしてもよい。また、球形の閉曲面を形成してもよい。その場合には、軸AX1に向かって投影する代わりに中心点に向かって投影すればよい。

【0125】

上述の3次元形状データ処理装置1において、その全体又は各部の構成、処理内容、処理順序、操作方法などは、本発明の主旨に沿って適宜変更することができる。

【0126】

【発明の効果】

請求項1乃至請求項6の発明によると、対象となる3次元形状モデルから利用者の意図する特徴的なラインを保持した状態でデータ量の少ない3次元形状データを生成することができる。

【0127】

請求項2乃至請求項4の発明によると、制御点を移動させることによって利用者の意図する曲線を容易に生成することができ、しかも移動後の曲線の式を簡単に求めることができるので、そのための演算処理が高速に行える。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る3次元形状データ処理装置の構成を示すブロック図である。

【図2】

3次元形状データ処理装置の全体的な処理動作及び操作を示すフローチャートである。

【図3】

図2のステップ#1のフィッティング処理を示すフローチャートである。

【図4】

図2のステップ#2の制御点の移動処理を示すフローチャートである。

【図5】

図2のステップ#3のライン単位での移動処理を示すフローチャートである。

【図6】

図2のステップ#4のラインの追加処理を示すフローチャートである。

【図7】

図2のステップ#5のラインの削除処理を示すフローチャートである。

【図8】

ベジェ曲線群の生成から修正までの処理過程を模式的に説明する図である。

【図9】

閉曲面を形成するベジェ曲線群を説明する図である。

【図10】

緯線の一部を拡大して示す図である。

【図11】

フィッティングのために補助点を3次元形状モデル上に投影する様子を示す図である。

【図12】

制御点の移動処理の様子を示す図である。

【図13】

補助点を3次元形状モデル上に投影する様子を示す図である。

【図14】

補助点を3次元形状モデル上に投影する様子を示す図である。

【図15】

経線の移動処理の様子を示す図である。

【図16】

他の3次元形状モデルと閉曲面を配置した状態を示す図である。

【図17】

他の3次元形状モデルにフィッティング処理を行った後の状態を示す図である。

【図18】

図17の一部を拡大して示す図である。

【図19】

制御点の移動処理を行った後の状態を示す図である。

【符号の説明】

1 3次元形状データ処理装置

TM1, TM2 3次元形状モデル

CCS1, 2 閉曲面

BCM 経線（縦線）

BCP 緯線（横線）

BCG2 ベジエ曲線群（曲線群、パラメトリック曲線群）

BCG3 ベジエ曲線群（修正された曲線群）

TD3 3次元形状データ

11 閉曲面配置部

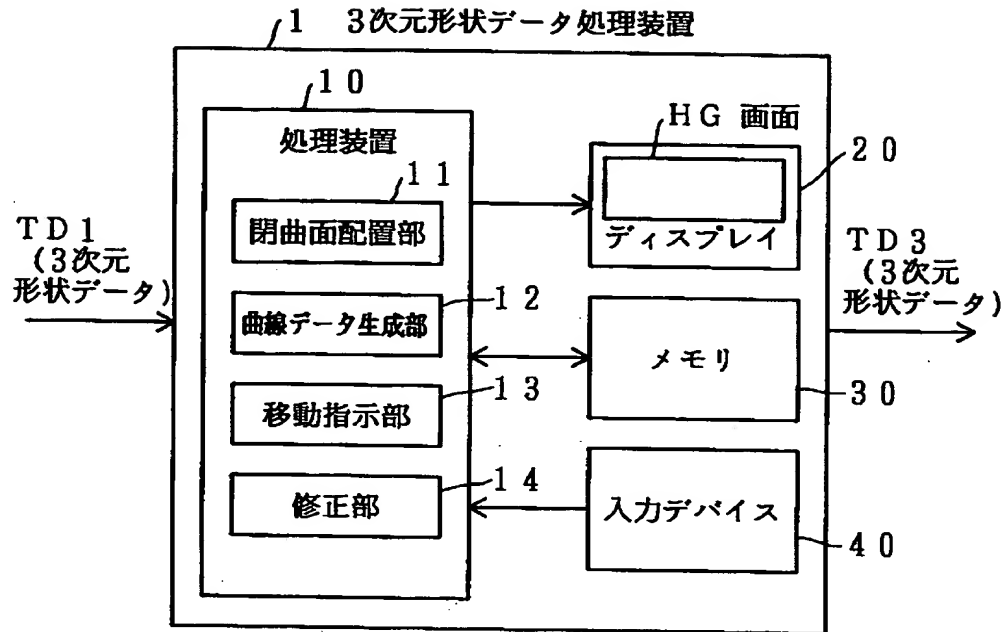
12 曲線データ生成部

13 移動指示部

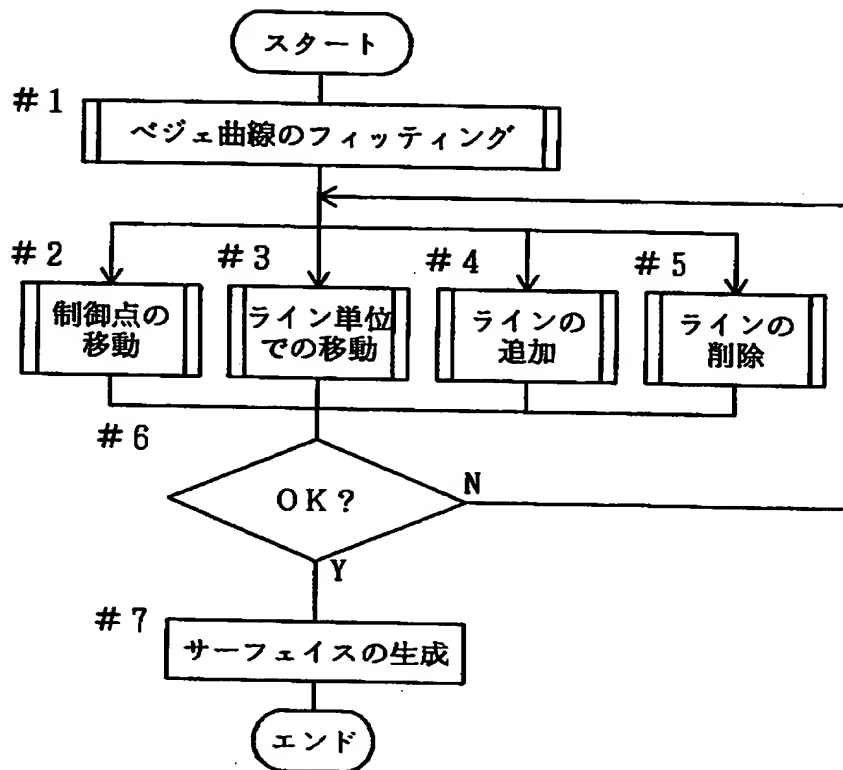
14 修正部

【書類名】 図面

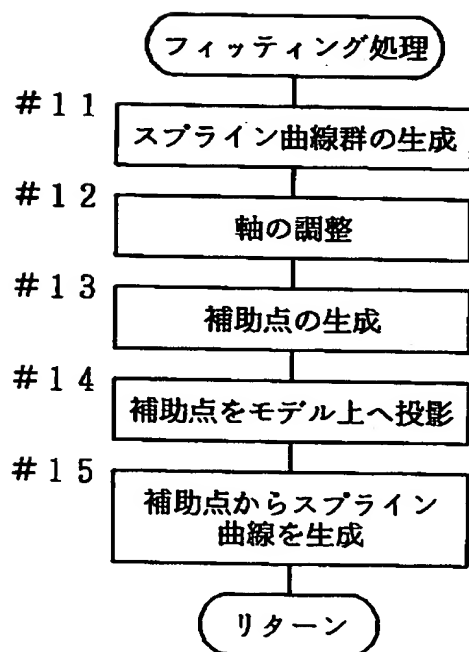
【図1】



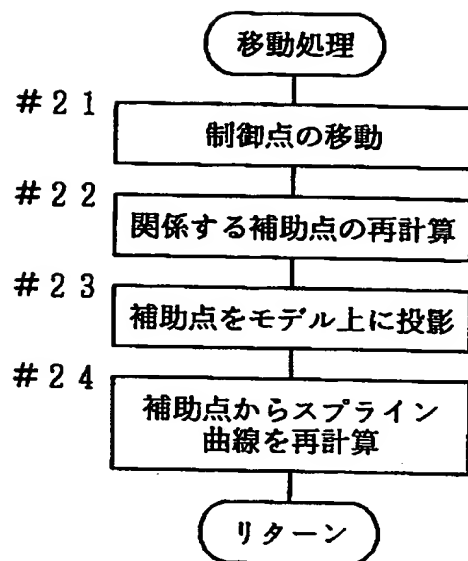
【図2】



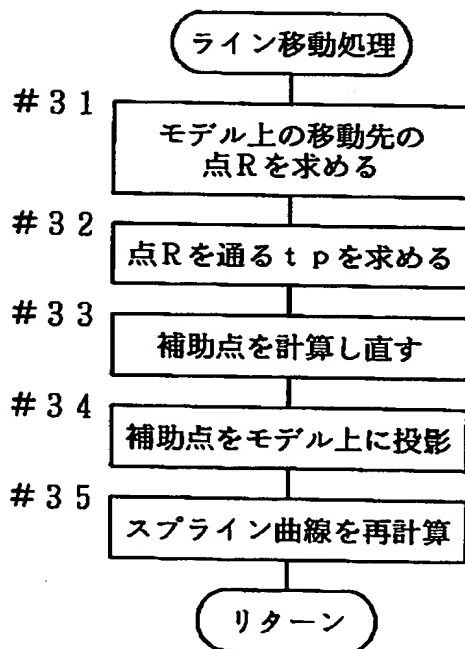
【図3】



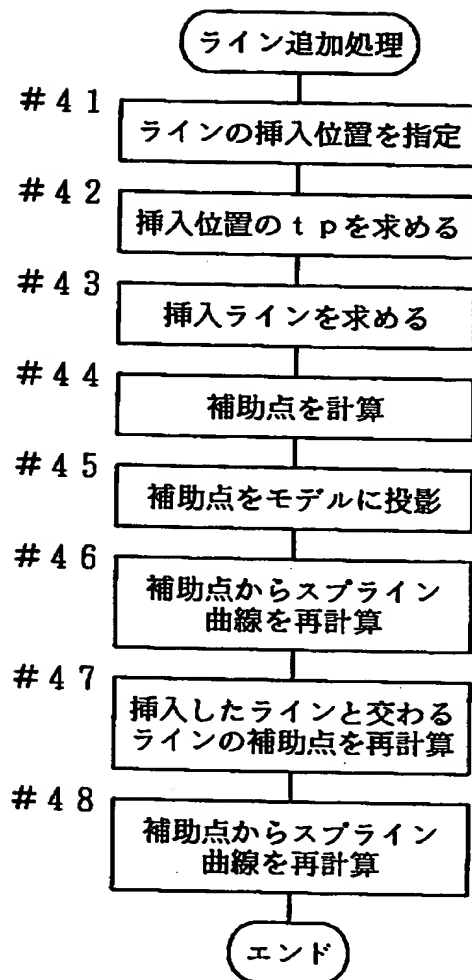
【図4】



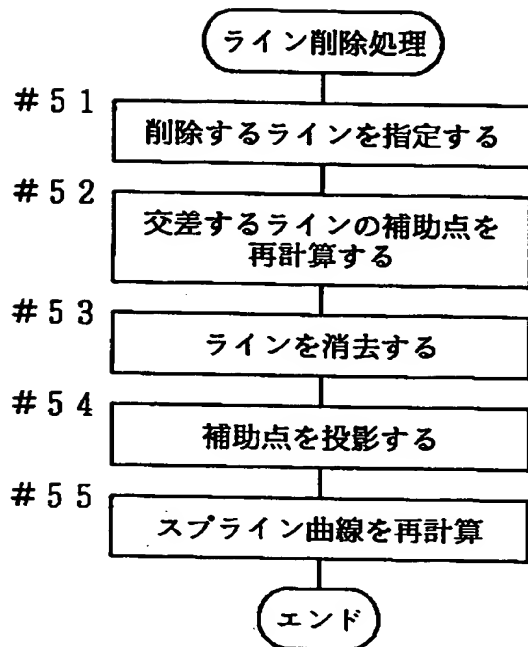
【図5】



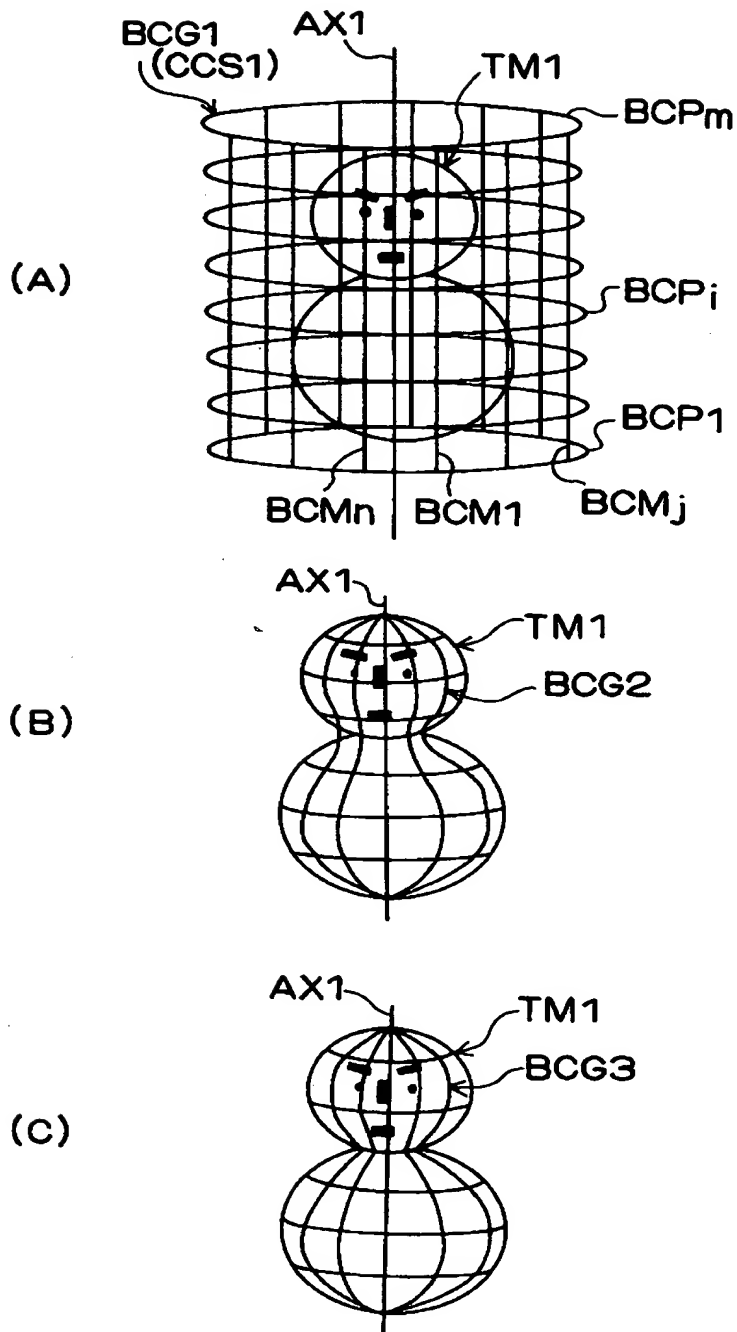
【図6】



【図 7】



【図8】

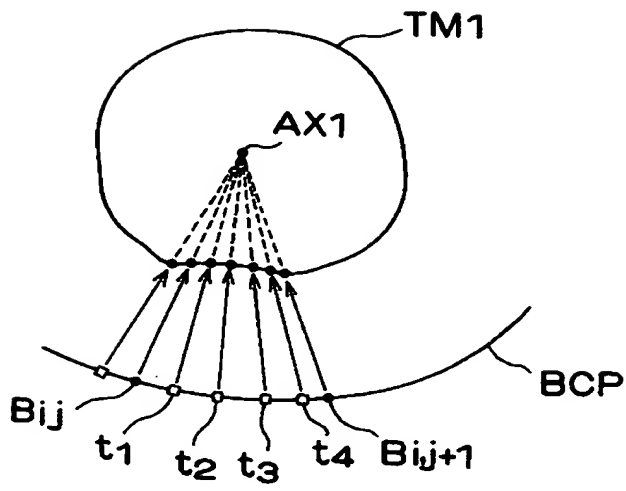




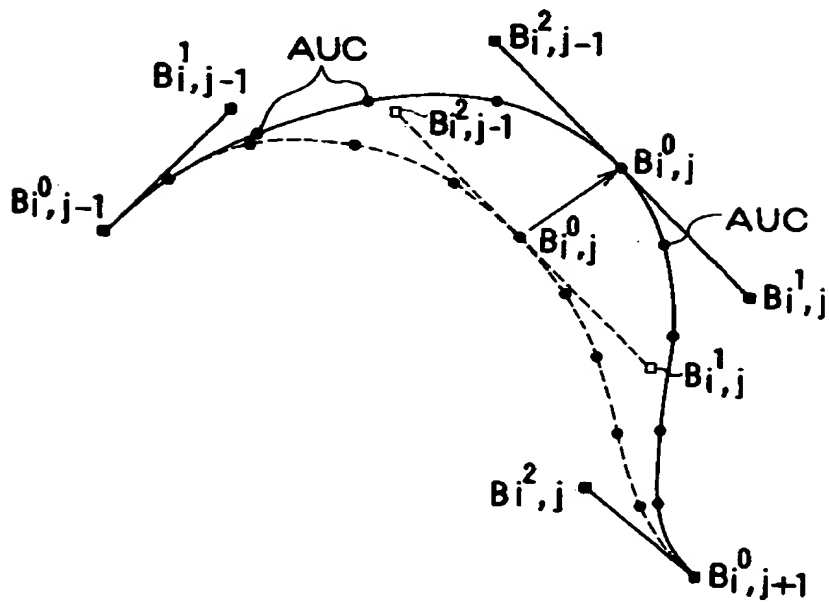
【図 10】



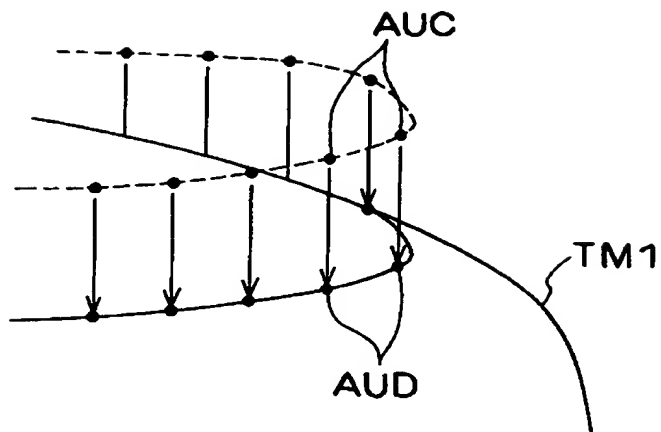
【図 1 1】



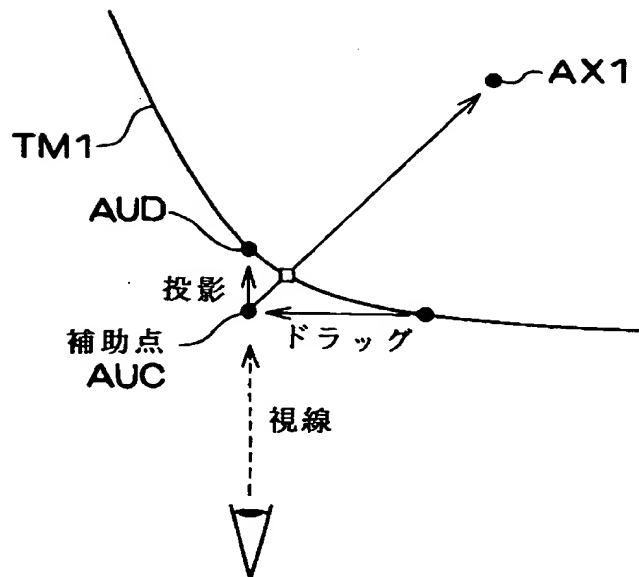
【図 1 2】



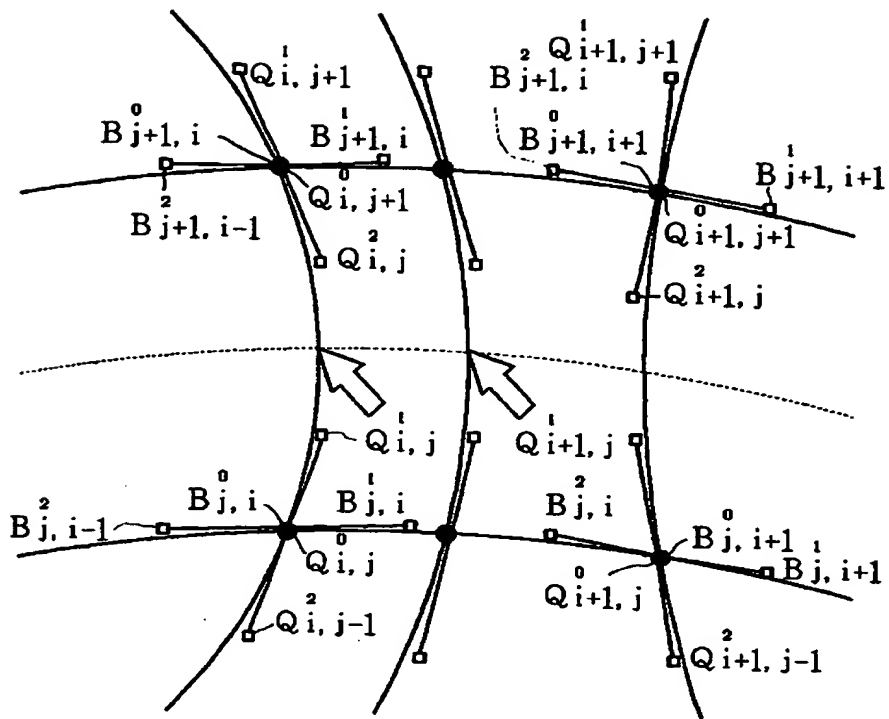
【図13】



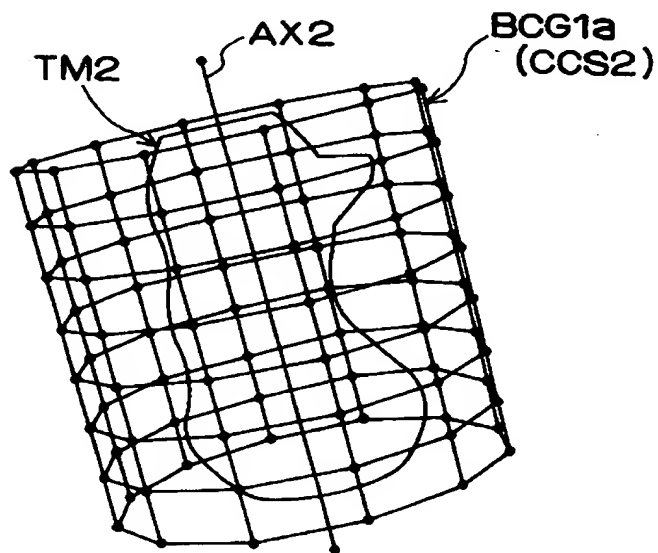
【図14】



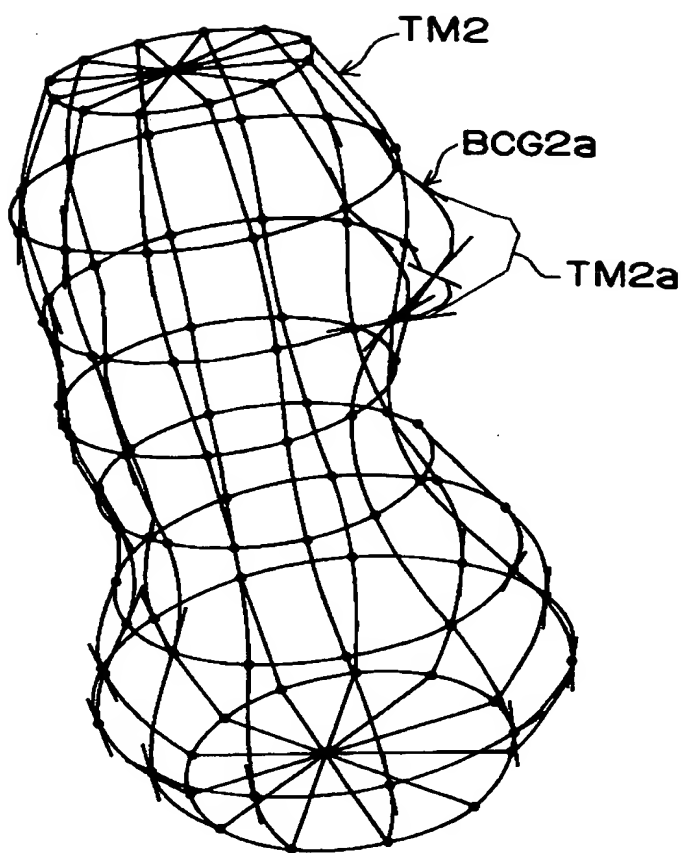
【図15】



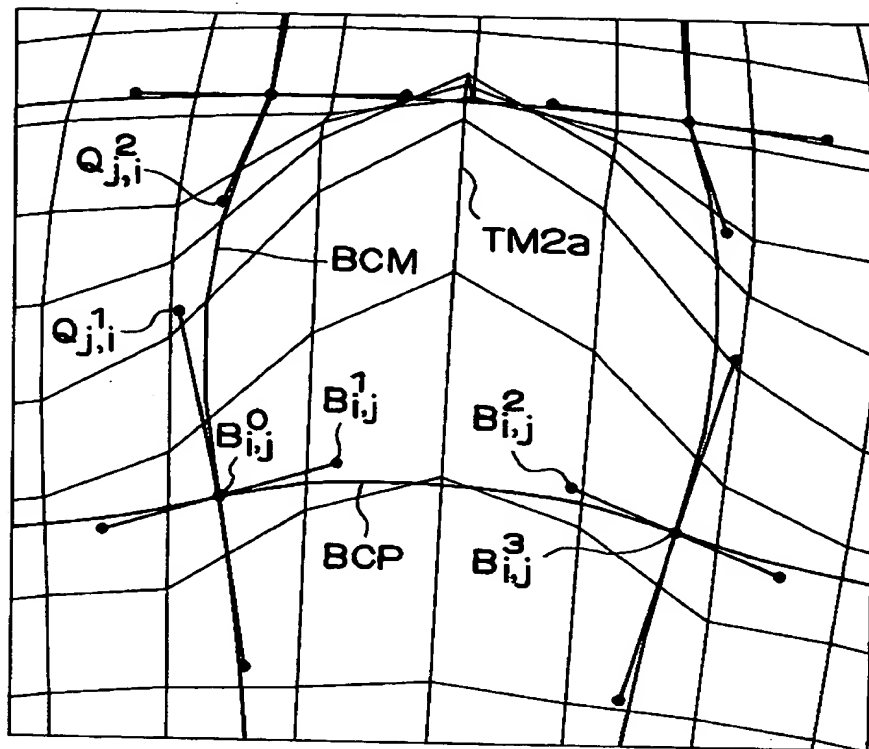
【図16】



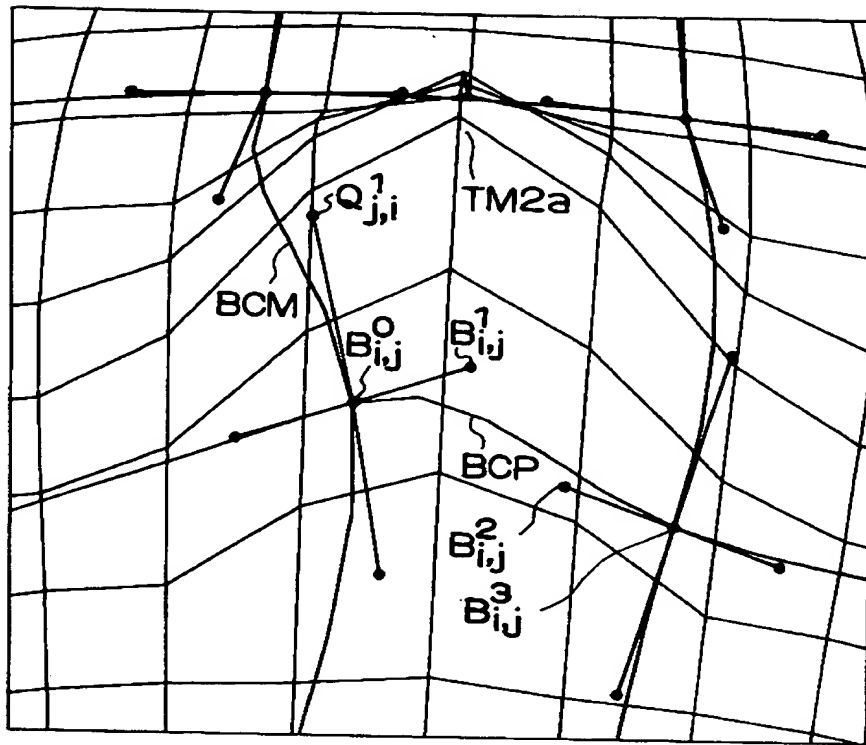
【図17】



【図18】



【図19】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 対象となる3次元形状モデルから利用者の意図する特徴的なラインを保持した状態でデータ量の少ない3次元形状データを生成することを目的とする。

【解決手段】 3次元の形状モデルに対して、複数の縦線と複数の横線とによって仮想的に形成される閉曲面を形状モデルを内包するように配置し、縦線及び横線を、軸に向かって形状モデルの表面に投影することによって、形状モデルの表面に沿ったパラメトリック曲線群を生成し、パラメトリック曲線群の制御点を移動させたときに、制御点の移動に対応するパラメトリック曲線群の部分が形状モデルの表面に沿って移動するようにパラメトリック曲線群を修正し、修正されたパラメトリック曲線群を表すデータを、形状モデルの3次元形状データとする。

【選択図】 図8

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】
【識別番号】 000006079
【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪
国際ビル
【氏名又は名称】 ミノルタ株式会社
【代理人】 申請人
【識別番号】 100086933
【住所又は居所】 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目7番18号 アス
トロ新大阪ビル 久保特許事務所
【氏名又は名称】 久保 幸雄

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006079]

1. 変更年月日 1994年 7月20日

[変更理由] 名称変更

住 所 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
氏 名 ミノルタ株式会社